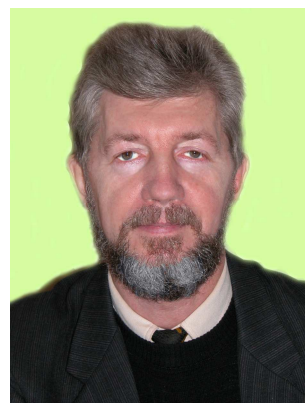


УДК 630.443

Е.В. Колтунов

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

**ВЛИЯНИЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА
ПОРАЖЕННОСТЬ ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ СТЕЛОВЫМИ
И КОРНЕВЫМИ ГНИЛЯМИ**

Аннотация. Исследования показали, что в условиях урбанизированной городской среды вблизи автодорог пораженность сосны обыкновенной гнилевыми болезнями значительно выше, чем на расстоянии от 500 до 800 м от автодороги (соответственно 67 и 33%). Вблизи автодорог заметно выше площадь поражения древесины стволовой гнилью. Пораженность сосны корневой гнилью варьирует от 0 до 30%. Некоторые сосновые насаждения внутри города имеют невысокий уровень пораженности гнилевыми болезнями. Вероятно, это обусловлено как более низким средним возрастом сосняков, так и расстоянием от автомагистралей, наличием зданий и древесных насаждений, которые частично снижали уровень миграции аэротехногенных выбросов автомобилей. Основными факторами снижения устойчивости сосны обыкновенной к гнилевым болезням в условиях урбанизированной среды является не столько загрязнение почв тяжелыми металлами (при незначительном уровне загрязнения), сколько уровень аэротехногенного загрязнения воздушной среды формальдегидом, окислами азота, серы и другими веществами.

Ключевые слова. Стволовые гнили, корневые гнили, сосна обыкновенная, аэротехногенное загрязнение.

*E.V. Koltunov***EFFECT OF AEROTECHNOGENIC CONTAMINATION ON THE
URBAN PLANTING INFESTATION WITH ROTTING OF STEM AND
ROOT**

Abstract. The studies have shown that in an urban city environment near highways infestation of pine with rotting of stem and root rots was significantly higher than that at a distance of 500 to 800 meters from the highway (respectively, 67 and 33%). Near the road was well above the wood square by rotting of stem. In Forest Park «Nizhneisetsky» rotting of stem of pine, almost absent, (found only one quarter sporadically). The infestation of pine root rot ranged from 0 to 30%. A number of pine planting in the city had a low level of infestation rotting of stem and root rots. This is probably due to a lower average age of pine and appreciable distance from the highway, but also the presence of buildings and woody plants, are partially reduced level of migration aerotechnogenic emission vehicles. The main factors reducing the *Pinus sylvestris* sustainability to rotting of stem and root in an urban environment is not so much soil contamination with heavy metals (with an insignificant level of pollution), but the level of air environment aerotechnogenic contamination by formaldehyde, nitrogen oxides, sulfur and other substances.

Keywords. rotting of stem, root rots, *Pinus sylvestris*, aerotechnogenic contamination.

Уровень и масштабы антропогенного воздействия на древесные насаждения в городской среде постоянно возрастают. В результате заметного уровня аэротехногенного загрязнения уровень устойчивости древесных растений значительно снижается, в том числе и к инфекционным болезням (Бухарина, 2009; Мозолева и др., 1996). Поэтому в условиях значительного техногенного загрязнения уровень пораженности древостоев стволовыми и корневыми гнилями значительно возрастает (Колтунов и др., 2007, 2008; Колтунов, 2009, 2011). Исходя из этого, целью исследования было изучение пораженности корневыми и стволовыми гнилями хвойных и лиственных древостоев внутри города в зависимости от расстояния от источников аэротехногенного загрязнения. Основным источником техногенного загрязнения в изучаемых условиях были городские автомагистрали с интенсивным потоком автотранспорта.

Материалы и методы

Основными объектами исследований были сосновые насаждения городских лесопарков «Юго-Западный», «Ниже-Исетский», вблизи областной больницы, а также городского парка микрорайона «Сортировочный». Исследования проводились на основе закладки постоянных пробных площадей в одних и тех же лесорастительных условиях. Пробные площади размером 25х25 м закладывались с помощью измерительных инструментов (рулетки и буссоли) в типичных для данного участка условиях в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустойчивые». Пораженность древостоев корневыми и стволовыми гнилями опре-

деляли путем взятия кернов из ствола и трех корневых лап. Этот подход позволяет более точно изучить реальную пораженность древостоев корневыми и стволовыми гнилями, так как ранее было показано, что в условиях техногенной и рекреационной нагрузки, испытываемой насаждениями городских лесопарков и пригородных лесов, несмотря на полное отсутствие действующих и затухших очагов инфекционных болезней, общая пораженность сосны обыкновенной стволовыми и корневыми гнилями достигала 60%, а березы – 100% (Колтунов и др., 2007, 2008).

Вследствие этого использование стандартного метода оценки и мониторинга распространенности инфекционных болезней на основе определения площади действующих и затухших очагов болезней совершенно неэффективно. Для взятия кернов внутри постоянных пробных площадей закладывались трансекты. Последние закладывались в диагональном направлении от северо-восточного угла каждого квартала к юго-западному, чтобы наиболее полно отразить возможную мозаичность участка. Взятие кернов на трансектах осуществлялось методом случайного отбора проб у деревьев через каждые 10 метров. В целях исключения случайного распространения инфекции среди здоровых древостоев приростной бурав каждый раз стерилизовался обработкой раствором трихлоруксусной кислоты.

Кроме количественной оценки степени пораженности древостоев корневыми и стволовыми гнилями проводилась также количественная оценка площади поражения и стадия развития болезни (по кернам). Для этого уровни развития инфекционного процесса дифференцировали по трем основным стадиям:

- начальная (признаки сильного засмоления керна, без побурения и снижения плотности древесины);
- средняя (признаки побурения и начала процесса биодеструкции древесины (снижение плотности);
- последняя (сильная биодеструкция древесины, возникновение пустот в стволе).

С целью изучения состояния древостоя определялась также их фаутистность. Анализировалось наличие морозобойных трещин, сухобочин, изреживание кроны; наличие в коре отверстий, связанных с деятельностью насекомых-ксилофагов; наличие на стволе плодовых тел грибов; наличие загнивших сучков, дупел, отверстий от сгнивших сучков, которые могут являться местом проникновения патогенов; наклон или изгиб ствола в любой его части, ожоги ствола, раздвоение вершины, наличие наростов, наплывов, водяных побегов, ведьминых метл.

Одновременно с этими методами для проведения комплексного лесопатологического обследования древостоев как на пробных площадях, так и за их границами, использовался маршрутный метод. Основной целью маршрутного обследования древостоев были поиски действующих, затухающих или затухших очагов корневой и стволовой гнили.

Результаты и их обсуждение

Целью исследования было изучение возможного влияния аэротехногенного загрязнения на пораженность сосны обыкновенной стволовыми и корневыми гнилями. Она обусловлена тем, что по результатам предыдущих исследований достаточно заметной взаимосвязи между загрязнением почв в лесопарках тяжелыми металлами и степенью поражения сосны обыкновенной стволовыми и корневыми гнилями не было обнаружено. В связи с этим было сделано предположение о том, что при сравнительно умеренном загрязнении почв в лесопарках тяжелыми металлами этот фактор не оказывает заметного влияния на снижение устойчивости сосны к поражению гнилевыми болезнями. Ключевым фактором, значительно снижающим устойчивость древостоев к гнилевым болезням, является уровень аэротехногенного воздействия на древесные растения (Колтунов, 2011). При этом основными факторами ослабления древостоев могут быть не тяжелые металлы, а газообразные соединения (формальдегид, окислы азота, серы и другие вещества), продуцируемые автомобильным транспортом и промышленными предприятиями.

Для изучения влияния аэротехногенного компонента (от выбросов автомобильного транспорта) нами в Юго-Западном лесопарке (рядом с автомагистралью по ул. Амундсена закладывалась серия временных пробных площадей параллельно дороге на расстоянии 20 м от нее и в 500-800 м от дороги. Количественное изучение уровней техногенного загрязнения почвы и хвои тяжелыми металлами (подвижных форм) в местах закладки пробных площадей было проведено ранее (Колтунов и др., 2007). Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве и хвое сосны обыкновенной в Юго-Западном лесопарке (Колтунов и др., 2007)

Наименование элемента	Содержание в почве (мг/кг)	Содержание в хвое сосны (мг/кг)
Zn	90,0	71,0
Pb	0	0
Cd	1,2	0,7
Co	0	0,9
Ni	2,0	12,2
Cu	9,6	7,2
Mn	1124,0	1800,0
Fe	188,0	456,0
Cr	0	0

Как видно из табл. 1, содержание почти всех тяжелых металлов ниже ПДК, за исключением Zn (3,91 ПДК) и Cd (5 ПДК). Анализ содержания

подвижных форм тяжелых металлов в хвое сосны показывает, что наиболее интенсивной биоаккумуляцией в системе: «почва-растение» обладает Ni, в меньшей степени Fe, Mn. В целом, общий уровень загрязнения почв и хвои сосны в местах закладки проб невысокий. Сомнительно, чтобы столь незначительный уровень техногенного загрязнения почвы в лесопарке был способен вызвать столь значительное снижение устойчивости сосны к гнилевым болезням.

Как показали результаты сравнительного изучения пораженности сосны гнилевыми болезнями (стволовыми и корневыми гнилями), пораженность сосняков гнилями на разном расстоянии от автодороги значительно различалась (табл. 2). Так, вблизи автомобильной дороги средняя пораженность сосны стволовыми и корневыми гнилями составляла 66%, тогда как на расстоянии от 500 до 800 м от автодороги – 33% (табл. 2). Различия статистически достоверны.

Таблица 2 - Пораженность сосны обыкновенной стволовыми и корневыми гнилями в Юго-Западном лесопарке в зависимости от расстояния до автодороги

Расстояние 20 м от автомагистрали				Расстояние 500 м от автомагистрали			
№ квар- тала	№ про- бы	Кол-во деревьев на пробе	Поражен- ность сосны, %	№ квар- тала	№ про- бы	Кол-во деревьев на пробе	Поражен- ность со- сны, %
98	1	15	60,0	98	8	15	36,4
98	2	15	42,8	98	9	15	36,4
98	3	15	60,0	100	10	15	30,0
98	4	15	77,8	100	11	15	30,0
101	5	15	77,8	100	12	15	30,0
101	6	15	77,8	100	13	15	35,0
101	7	15	62,8	101	14	15	30,0
Среднее значение 66%; SE=4,96				Среднее значение 33%; SE=1,21			
$P_{\text{var}}=0,00324; F_{\text{ratio var.}} = 16,82$							

Изучены особенности распределения древостоев сосны, пораженных гнилевыми болезнями по классам диаметра древостоев. Учитывая, что ранее было показано отсутствие выраженного градиента загрязнения почвы и хвои сосны в Юго-Западном лесопарке на разном расстоянии от автомагистрали и достаточно низкий уровень техногенного загрязнения почв подвижными формами тяжелых металлов (Колтунов и др., 2007), можно предполагать, что основными факторами снижения устойчивости сосны к гнилевым болезням вблизи автомагистралей является не загрязнение почв тяжелыми металлами, а аэротехногенное загрязнение воздушной среды от автотранспорта.

Для изучения влияния условий городской среды на устойчивость древостоев к гнилевым болезням нами проведена количественная оценка пораженности гнилевыми болезнями в древесных насаждениях внутри города. Результаты исследования изложены в табл. 3.

Таблица 3 - Пораженность стволовыми (СГ) и корневыми (КГ) гнилями сосны обыкновенной в условиях городской среды

Наименование объекта	Число деревьев	Пораженность, %
1. Сосновые насаждения вблизи горбольницы № 40	20	26,2
2. Сосновые насаждения городского парка отдыха в микрорайоне «Сортировочный»	20	32,4
3. Сосняки в Нижнеисетском лесопарке	100	СГ- 4,0 КГ- 12,4

Сосна обыкновенная вблизи горбольницы № 40, несмотря на достаточно высокий уровень фауности и высокую рекреационную нагрузку, слабо поражена гнилевыми болезнями (26,2%). При этом сопутствующие породы лиственных древесных растений (черемуха, осина и др.) в местах взятия кернов из ствола и корневых лап сосны были, наоборот, в значительной степени поражены стволовыми гнилями. Столь низкая пораженность сосняков гнилевыми болезнями может быть обусловлена значительным расстоянием от объектов до автодороги (300-500 м), наличием препятствий, закрывающих автодороги (здания, сооружения), которые снижают распространение аэротехногенных выбросов, небольшим возрастом обследуемых сосняков.

Сосновые насаждения городского парка отдыха в микрорайоне «Сортировочный» также имели невысокий уровень пораженности гнилевыми болезнями. Он составлял в среднем 32,4% (см. табл. 3). При этом, как и в предыдущем варианте, сопутствующие сосне лиственные древостои также имели более значительный уровень пораженности стволовыми гнилями: осина – 87,1 и черемуха – 46,2 %. Это обусловлено как более низким средним возрастом сосняков, так и более высокой влажностью почвы в этом городском парке, при которой пораженность древостоев гнилями снижается.

В сосняках Нижнеисетского лесопарка пораженность стволовой гнилью у сосны практически отсутствует, так как она выделена только в одном участке кв. 122, а осмотр стволов сосны показал полное отсутствие плодовых тел этого гриба. Пораженность сосны корневой гнилью оказалась незначительной и колебалась от 0 до 30 %. При этом 18,7% сосновых насаждений в кварталах вообще не поражены корневой гнилью, 37,5%

кварталов были поражены на 5-10% и лишь 6% - на 30%. Преобладает поражение древостоев центральной корневой гнилью (73-80 %). Примерно половина древостоев сосны характеризовались слабой и средней степенью поражения (до 40 % площади корневой лапы.). Примерно столько же древостоев находятся в значительной степени поражения 50-70. Около 60 % пораженных корневой гнилью древостоев сосны находились в начальной стадии развития инфекционного процесса, 40 % - в средней.

Лесопатологическое обследование березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижнеисетском лесопарке г. Екатеринбурга показало, что стволовая гниль чрезвычайно широко распространена во всех кварталах лесопарка. Общий уровень пораженности березы стволовой гнилью колеблется от 60 до 100 %. Источником поражения служит трутовик окаймленный, вызывающий бурую гниль древесины. Важной причиной ослабленности является порослевое происхождение березы. Около половины пораженных древостоев характеризовалось сильной степенью поражения (от 50% площади ствола и более). Примерно столько же древостоев находятся в слабой и средней степени поражения - до 40%. Состояние березы повислой в лесопарке значительно хуже, чем сосны.

Для сравнительной оценки объемов поражения сосны стволовыми гнилями в Юго-Западном лесопарке проводилось взятие трех кернов на разной высоте ствола, где была идентифицирована стволовая гниль. Керны отбирали в вариантах с расстоянием от дороги 20 и 500-800 м. Как показали результаты, на всех высотах взятия кернов площади поражения ствола гнилями значительно различались (табл. 4).

Таблица 4 - Влияние расстояния пробной площади от автомагистрали на площадь поражения стволов сосны обыкновенной гнилью.

Наименование варианта	Средний диаметр деревьев, см	Средний диаметр зоны поражения стволовой гнили у кернов на высоте		
		20 см	120 см	300 см
Расстояние 20 м от автомагистрали	28,9	5,3 см	12, 4 см	14,1 см
Расстояние 500 м от автомагистрали	28,3	1,6 см	7,3 см	5,1 см

Наиболее значительной оказалась площадь поражения ствола гнилевыми болезнями вблизи автомагистрали. Подобные тенденции демонстрируют и результаты сравнительных исследований пораженности гнилевыми болезнями древостоев в лесопарках в городской зоне (Юго-Западный) и за ее пределами (Нижнеисетский). Наиболее низкий уровень распространения гнилевых болезней отмечен в сосняках Нижнеисетского лесопарка.

Таким образом, основным фактором снижения устойчивости сосны обыкновенной к гнилевым болезням в условиях урбанизированной среды является не столько загрязнение почв тяжелыми металлами (при незначительном уровне загрязнения), сколько уровень аэротехногенного загрязнения воздушной среды формальдегидом, окислами азота, серы и другими веществами.

Список использованной литературы

Бухарина И.Л. Биоэкологические особенности древесных растений и обоснование их использования в целях экологической оптимизации урбано-среды (на примере г. Ижевска): Автореф. дис. д.б.н. Тольятти, 2009. 42 с.

Мозолевская Е.Г., Соколова Э.С., Кузьмичев Е.П., Белова Н.К., Куликова Е.Г. Факторы нарушения устойчивости зеленых насаждений г. Москвы и стратегия лесозащитных мероприятий // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Научные труды МГУЛ, 1996. Вып. 283. С. 37 – 64.

Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н. Корневая и стволовая гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в городских лесопарках г. Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2007. Вып. 1. С. 238-246.

Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н. Содержание тяжелых металлов в хвое и листьях сосны обыкновенной в лесопарках Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2007. Вып. 1. С. 247-261.

Колтунов Е.В., Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках // Защита и карантин растений. 2008. № 2. С. 56-58.

Колтунов Е.В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в Нижнеисетском лесопарке г. Екатеринбурга // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2009. № 1. С. 35-36.

Колтунов Е.В. Корневые и стволовые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях антропогенного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6 (www.science-education.ru/100-5222).